



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 199 55 573 A 1**

51 Int. Cl.7:
G 01 B 7/30
G 01 B 7/02
G 01 D 5/20

21 Aktenzeichen: 199 55 573.7
22 Anmeldetag: 18. 11. 1999
43 Offenlegungstag: 23. 5. 2001

DE 199 55 573 A 1

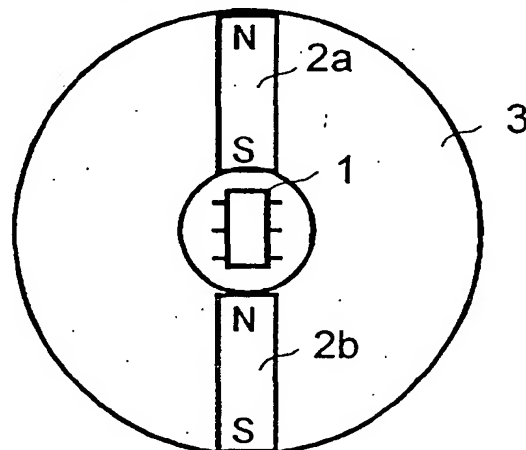
71 Anmelder:
Schmitz, Günter, Prof. Dr.-Ing., 52074 Aachen, DE

72 Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Positionsmeßvorrichtung zur Erfassung absoluter und relativer Winkel und Wege

57 Die Erfindung betrifft eine Positionsmeßvorrichtung für absolute und relative Winkel- oder Wegmessungen mit wenigstens einem exzentrisch platzierten Magneten zur Erzeugung eines besonders homogenen magnetischen Flusses sowie einem Sensor, der die Richtung des magnetischen Flusses detektieren kann.



DE 199 55 573 A 1

Die Erfindung betrifft eine Positionsmeßvorrichtung für absolute und relative Winkel- oder Wegmessungen mit wenigstens einem exzentrisch platzierten Magneten zur Erzeugung eines besonders homogenen magnetischen Flusses sowie einem Sensor, der die Richtung des magnetischen Flusses detektieren kann. Eine solche Positionsmeßvorrichtung kann für die Bestimmung einer Drosselklappenposition an Verbrennungsmotoren angewendet werden.

Derartige Meßvorrichtungen sind beispielsweise aus DE 196 53 047 A1, der DE 41 41 000 A1 sowie aus der US 5,889,400 bekannt. Problematisch sind bei diesen Verfahren jedoch die äußeren Störeinflüsse, die das Meßsignal durch elektrische bzw. magnetische Felder verfälschen können. Auch Fertigungstoleranzen, die einen Einfluß auf den sich ergebenden magnetischen Fluß haben, bewirken eine Verfälschung des Sensorausgangssignals.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Positionsmeßvorrichtung für absolute und relative Positionsmessungen zu schaffen, deren Empfindlichkeit gegenüber äußeren Einflüssen sowie Toleranzen und Verschleiß unempfindlich ist.

Dieses Problem wird gelöst, indem wenigstens ein exzentrisch platzierter Magnet einen magnetischen Fluß erzeugt, dessen Ausrichtung mit einem relativ zu dem Magneten beweglichen Sensor detektiert werden kann, wobei das Ausgangssignal des Sensors im wesentlichen nur von der Richtung und nicht abhängig von der Höhe des magnetischen Flusses ist und durch die Anordnung des bzw. der Magneten ein besonders homogenes Feld erzeugt wird.

Der Vorteil der Erfindung beruht dabei auf der Unabhängigkeit des Ausgangssignal des Sensors von der Höhe des Magnetfeldes sowie der Homogenität des Magnetfeldes im Bereich des Sensors. Fertigungstoleranzen und Toleranzen in den magnetischen Eigenschaften des Magnetwerkstoffes wirken sich somit nicht auf das Ausgangssignal des Sensors aus. Die exzentrische Anordnung des Magneten ermöglicht außerdem einen Aufbau, der die Überlagerung von äußeren Magnetfeldern weitgehend reduziert.

Die diversen Ausgestaltungen der Erfindung beziehen sich hauptsächlich auf die Anordnung des bzw. der Magneten. Dabei ist je nach Anwendungsfall und verfügbarem Bauraum die entsprechend geeignete Variante auszuwählen.

Einige Ausführungsbeispiele sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 die Ausgestaltung der Erfindung mit zwei gegenüberliegend angeordneten Magneten,

Fig. 2 eine Variante mit zwei parallelen Magneten,

Fig. 3 den schematischen Aufbau eines Sensorelementes bestehend aus einer Brückenschaltung von 4 GMR-Sensoren,

Fig. 4 die relative Widerstandsänderung sowie den Verlauf der Spannung über dem Drehwinkel α ,

Fig. 5 eine Variante zur Erhöhung der Sensitivität,

Fig. 6 Ausführungsvarianten mit nur einem Magneten,

Fig. 7 eine Ausführungsform mit feststehendem Magneten.

Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt eine Positionsmeßvorrichtung mit einem magnetfeldrichtungs-sensitiven Sensorelement 1, zwei in Reihe angeordneten Magneten 2a und 2b, die auf einem Drehteil 3 befestigt sind. Durch die gegenüberliegenden Gegenpole der Magnete ergibt sich in dem Zwischenraum ein besonders homogenes Magnetfeld, das auf das Sensorelement 1 einwirkt. Ein Versatz der Magneten in horizontaler oder vertikaler Richtung oder auch senkrecht zur Zeichenebene hat dabei bei kleinen

Auslenkungen keinerlei Einfluß auf die Richtung des Magnetfeldes. Genau die Richtung des Magnetfeldes wird vom Sensorelement 1 ausgewertet und in Form eines entsprechenden Signals zur Verfügung gestellt. Derartige Sensorelemente sind kommerziell erhältlich. Sie sind beispielsweise in Form von Brückenschaltungen sogenannter GMR-Sensoren (Giant Magnetic Resistance) fertig integriert verfügbar.

Wird nun das Drehteil 3 in seiner Ausrichtung um das Sensorelement 1 verändert, so ändert sich der Winkel zwischen den magnetischen Feldlinien und dem Sensorelement. Dies ist in Fig. 1c und Fig. 1d verdeutlicht. Die magnetischen Feldlinien 5 sind im Bereich des Sensorelementes 1 jeweils in der Magnetisierungsrichtung des Magneten ausgerichtet und durchsetzen das Sensorelement 1 in besonders homogener Weise. Bei Verdrehung des Drehteils 3 gegenüber der Achse des Sensorelementes 1 durchsetzen die Magnetfeldlinien den Sensor in einem Winkel α bezogen auf die Orientierung des Sensorelementes 1. Somit ändert sich das Ausgangssignal des Sensorelementes entsprechend der Verdrehung α des Drehteils.

Fig. 1b zeigt eine Variante, bei der der Fluß durch ein ringförmiges Flußleitstück 4 geführt wird. Bei dieser Anordnung können zum einen Magnete mit geringeren Koerzitivfeldstärken eingesetzt werden, zum anderen ergibt sich hierdurch eine besonders gute Störuneempfindlichkeit gegenüber dem Einfluß äußerer Felder.

In Fig. 2a ist eine weitere bevorzugte Ausführungsform dargestellt, bei der zwei Magnete parallel zueinander angeordnet sind. Der sich einstellende Verlauf der magnetischen Feldlinien 5 ist in Fig. 2b gezeigt.

Auch hier wird der Verdrehwinkel α zwischen dem Drehteil 3 und dem Sensorelement 1 bestimmt. Dabei kann naturgemäß entweder das Drehteil 3 um das Sensorelement gedreht werden oder in anderen Anwendungsfällen das Sensorelement 1 um seine Achse (senkrecht zur Zeichenebene) gedreht werden. In beiden Fällen ist eine absolute Winkelmessung möglich. Wenn beide Teile, also Sensorelement 1 und Drehteil 3 inklusive der Magneten 2 drehbar sind, kann mit der Anordnung der relative Winkel zueinander bestimmt werden.

Bei einer Anordnung nach Fig. 2 bietet sich besonders als Montagemöglichkeit das Einbetten der Magnete zum Beispiel durch Eingießen bzw. Umspritzen der Magnete mit Kunststoff oder anderen unmagnetischen Materialien an. Jedoch kann dies auch bei den anderen gezeigten Ausführungsformen vorteilhaft angewendet werden.

In Fig. 3 sind mögliche Verschaltungen der GMR-Sensoren 10 zu einem Sensorelement 1 gezeigt. Zunächst soll jedoch kurz der vorbekannte GMR-Effekt erläutert werden. Bei den GMR-Sensoren sind wechselweise dünne Kobalt- und Kupferschichten zwischen Deckschichten aus Eisen angeordnet. Der sich ergebende elektrische Widerstand ist unabhängig von der Stromrichtung. Nur der Winkel zwischen den Magnetisierungsrichtungen der hart- und weichmagnetischen Schichten bestimmt den Gesamtwiderstand. Solange die Magnetisierung ausreicht, die weichmagnetischen Schichten entsprechend zu magnetisieren, andererseits aber die hartmagnetischen Schichten noch nicht ummagnetisiert werden, hängt der Widerstand nur von der Richtung des äußeren Magnetfeldes ab. Hierzu sind Feldstärken von ca. 5 bis 15 kA/m erforderlich.

Die Änderung des magnetischen Widerstandes über dem Drehwinkel ist für einen kommerziell erhältlichen Sensor in Fig. 4a dargestellt.

Bei einer Zusammenschaltung zu einer Brücke gemäß Fig. 3a, bei der 4 GMR-Sensoren 10a bis 10d in der jeweils durch den Pfeil angezeigten Magnetisierungsrichtung zu-

sammengeschaltet sind, ergibt sich eine Ausgangsspannung v_{out} in Abhängigkeit des Winkels α des äußeren Feldes gemäß Fig. 4b. Die Zusammenschaltung ergibt neben einer Erhöhung des gewünschten Spannungshubes auch eine Kompensation bezüglich Störgrößen, wie bei Brückenschaltungen üblich. Um zusätzlich eine Kompensation der Temperaturabhängigkeit des GMR-Effektes zu realisieren, können entsprechende Maßnahmen bei der Stromspeisung vorgenommen werden. Hierzu finden sich in den Applikationschriften der Hersteller nähere Hinweise.

Eine alternative Anordnung der Sensoren ist in Fig. 3b dargestellt. Aufgrund des jeweiligen Winkelversatzes der Sensoren 10c und 10f gegenüber den Sensoren 10a und 10b ergibt sich ein um 90° phasenverschobener Ausgangsspannungsverlauf der jeweiligen Halbbrückenspannungen v_1 und v_2 wie in Fig. 4c dargestellt. Dies kann zur eindeutigen Zuordnung eines bestimmten Winkels zu den Ausgangssignalen über den vollen Bereich von 360° genutzt werden.

Soll hingegen nur ein relativ kleiner Winkelbereich genutzt werden, so kann eine Verschaltung von 8 Sensoren gemäß Fig. 5a erfolgen. Das Ausgangssignal der ersten Brückenschaltung 1a wird nach Aufbereitung durch einen Differenzverstärker 11 einer zweiten Brücke 1b zugeführt. An deren Ausgang steht nun ein Spannungssignal v_{out} zur Verfügung, das aufgrund des doppelten Durchlaufes einer Brückenordnung einen bezüglich einer Einzelbrücke quadrierten Verlauf aufweist. Während das Ausgangssignal bei einer Brücke etwa sinusförmig ist, entspricht das Ausgangssignal v_{out} der Gesamtschaltung mit zwei derart kaskadierten Vollbrücken eher einem quadrierten Sinussignal, das gemäß mathematischem Additionstheorem auch als Sinusfunktion doppelter Frequenz aufgefaßt werden kann. Somit erklärt sich auch der Verlauf gemäß Fig. 5b ergebende Ausgangsspannungsverlauf. Im Bereich von 90° überstreicht das Signal bereits den gesamten Signalhub, so daß sich hierdurch ein gegenüber einem Einzelsensor weiter vergrößerter Effekt ergibt.

Die Sensoren können jeweils alle auf einem Chip untergebracht werden, so daß die einzelnen Brückenbestandteile sich sehr genau gleichen, sowohl in ihren magnetischen und elektrischen Eigenschaften, ihrem Temperaturverhalten und auch in der Vorzugsrichtung. Hierdurch werden Vorteile hinsichtlich der Reproduzierbarkeit und Genauigkeit erzielt.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Magnetanordnungen sind in Fig. 6a und 6b dargestellt. Hierbei wird lediglich ein einziger Magnet verwendet. Um dennoch einen möglichst homogenen Fluß zu erzielen, wird ein Schließen des magnetischen Kreises über magnetisch leitfähige Flußleitstücke 4 und 4a bewirkt. Dabei reicht auch die Nutzung einer unsymmetrischen Anordnung gemäß Fig. 6b.

Durch den weitgehend geschlossenen Weg des magnetischen Flusses ergibt sich eine geringe Störempfindlichkeit gegen äußere Felder. In kritischen Fällen kann durch zusätzliche magnetische Abschirmungen, vorzugsweise aus Metallen mit hoher magnetischer Leitfähigkeit, die Störfestigkeit weiter verbessert werden. Naturgemäß gilt dies für alle Ausführungsformen, sowohl die hier beispielhaft gezeigten als auch alle anderen erfindungsgemäßen Ausführungsformen, die aufgrund der Vielzahl der Möglichkeiten nicht dargestellt sind.

Fig. 7 zeigt ein Beispiel für eine Ausführungsform mit feststehendem Magneten. Dabei werden die drehbaren Scheiben 6a und 6b zumindest teilweise aus magnetisch leitfähigem Material hergestellt und mit Flußleitstücken 7a und 7b versehen. Der Magnet 2 wird in diesem Fall nicht mitgedreht sondern kann vielmehr an seiner Position verbleiben. Durch die drehbaren Scheiben 6a und 6b sowie die Flußleitstücke 7a wird das Magnetfeld des Magneten an das festste-

hende Sensorelement 1 herangeführt. In dem linken Teil der Zeichnung ist aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich eine der Scheiben dargestellt. Die Scheibe 6a ist mit der Scheibe 6b über magnetisch nicht leitende oder zumindest schlecht leitende Mittel verbunden, die hier ebenfalls aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt sind.

Bei der in Fig. 7 gezeigten Anordnung kann besonders einfach anstelle eines Permanentmagneten ein Elektromagnet verwendet werden. Hierdurch ist es möglich, die Magnetisierungsrichtung umzukehren. Ein ansonsten ggf. vorhandener Hystereseeffekt (Unterschied in der Zuordnung Spannung zu Winkel in entgegengesetzten Drehrichtungen) kann damit kompensiert werden. Zum einen wird das Sensorelement hierdurch mit einer jeweils um 180° versetzten Magnetisierung beaufschlagt und zum anderen können die Signale jeweils in beiden Richtungen ausgewertet werden und hierdurch die Genauigkeit verbessert werden.

Neben der Anwendung für Winkelermittlung bei Klappenstellungen etc. sind eine Vielzahl andere Anwendungsfälle denkbar. So kann beispielsweise in Umgebungen, in denen Fremdmagnetfelder nicht zu vermeiden sind, die beschriebene Positionserfassungseinrichtung hervorragend eingesetzt werden. Bei der Ermittlung von Winkelstellungen bei Elektromotoren kann das Prinzip verwendet werden sowohl um eine elektronische Kommutierung durchzuführen (beispielsweise bei den neuartigen "bürstenlosen Gleichstrommotoren") als auch zur Erfassung der Drehzahl und der Winkelstellung bei Servomotoren. Die Winkelstellung kann weiterhin ausgewertet werden um somit Wege zu erfassen, da mit Servomotoren häufig Linearverstellungen angetrieben werden und hierbei die Zuordnung von Winkelposition zu Weg bekannt ist.

Patentansprüche

1. Positionsmeßvorrichtung zur Erfassung absoluter und/oder relativer Winkel und/oder Wege, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein magnetfeldrichtungsabhängiges Sensorelement durch ein Magnetfeld beaufschlagt wird, das durch mindestens einen exzentrisch angeordneten Magneten erzeugt wird.
2. Positionsmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement aus einem GMR-Sensor besteht.
3. Positionsmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement aus einer Brückenschaltung mehrerer GMR-Sensoren besteht.
4. Positionsmeßvorrichtung nach einem oder mehreren oben genannten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Magnete in Reihe zueinander angeordnet sind.
5. Positionsmeßvorrichtung nach einem oder mehreren oben genannten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Magnete parallel zueinander angeordnet sind.
6. Positionsmeßvorrichtung nach einem oder mehreren oben genannten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Magnete in ein umgebendes Material eingebettet werden.
7. Positionsmeßvorrichtung nach einem oder mehreren oben genannten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Brückenschaltungen kaskadiert werden.
8. Positionsmeßvorrichtung nach einem oder mehreren oben genannten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Verwendung von Flußleitstücken der Weg des magnetischen Flusses weitgehend nur durch den Sensor, den Magneten und durch magnetisch leitfähiges Material führt.

9. Positionsmeßvorrichtung nach einem oder mehreren oben genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzliche magnetische Abschirmungen angebracht werden.

10. Positionsmeßvorrichtung nach einem oder mehreren oben genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnet bzw. die Magnete nicht mit dem drehbaren Teil verbunden sind.

11. Positionsmeßvorrichtung nach einem oder mehreren oben genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Magnet jeweils ein Elektromagnet Verwendung findet.

12. Positionsmeßvorrichtung nach einem oder mehreren oben genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Richtung des Magnetfeldes in kurzen Zeitabständen umgekehrt wird.

13. Positionsmeßvorrichtung nach einem oder mehreren oben genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein vorhandener Hystereseeffekt durch die Umkehrung des Magnetfeldes und entsprechende Berücksichtigung bei der Auswertung vermindert wird.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

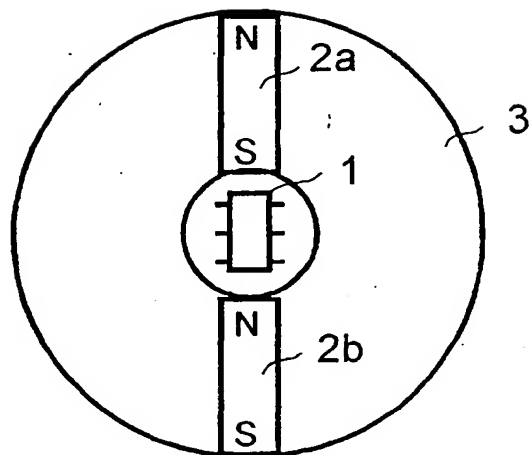


Fig. 1a

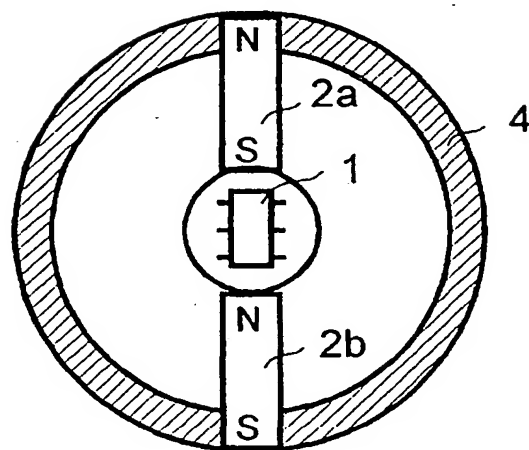


Fig. 1b

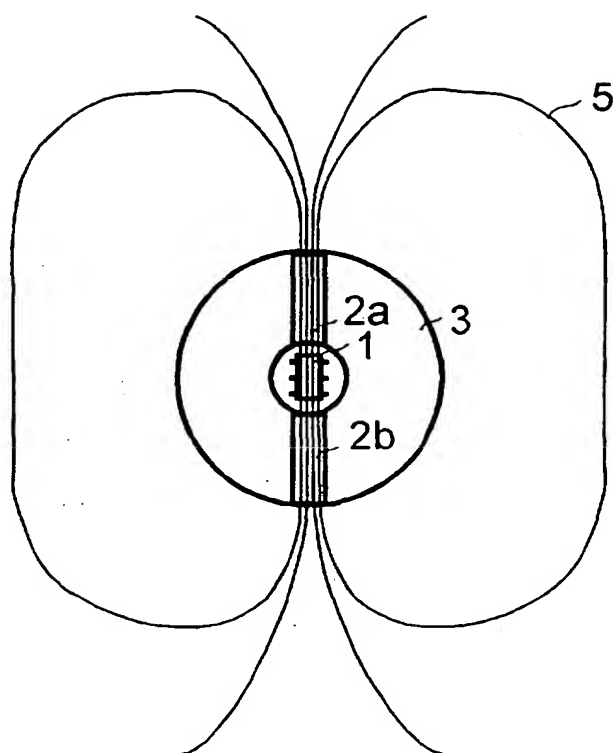


Fig. 1c

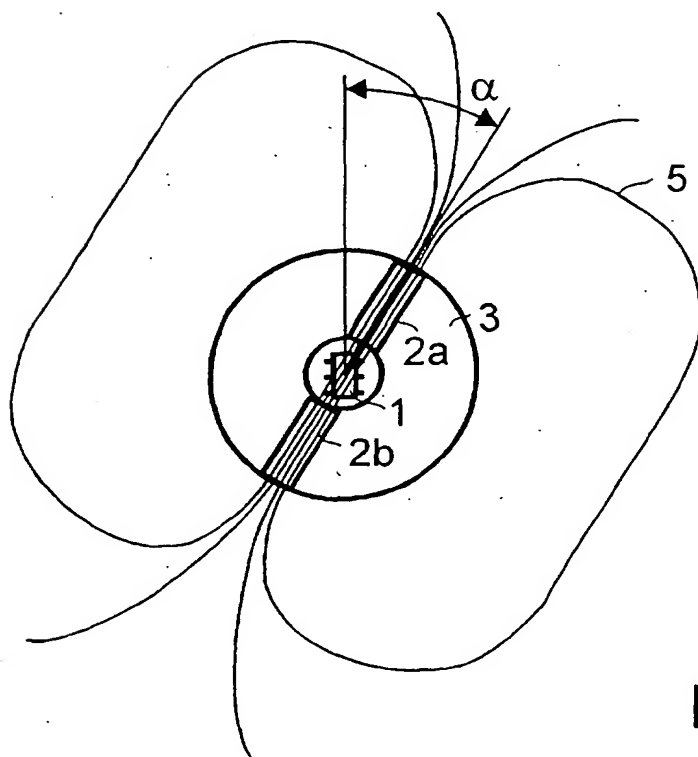


Fig. 1d

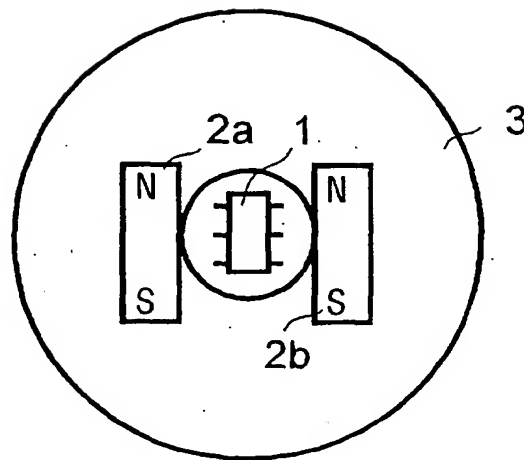


Fig. 2a

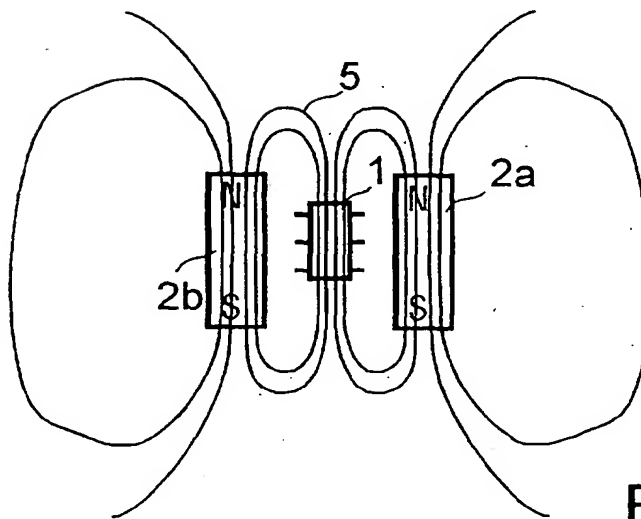


Fig. 2b

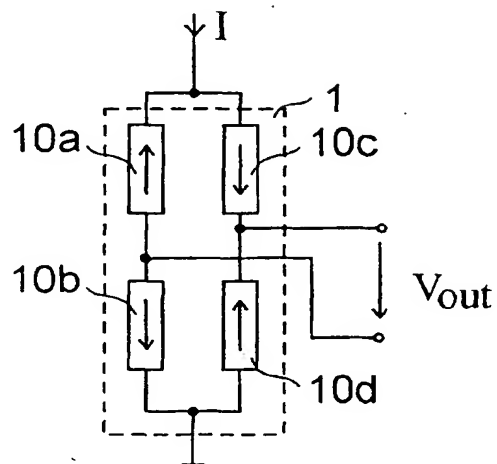


Fig. 3a

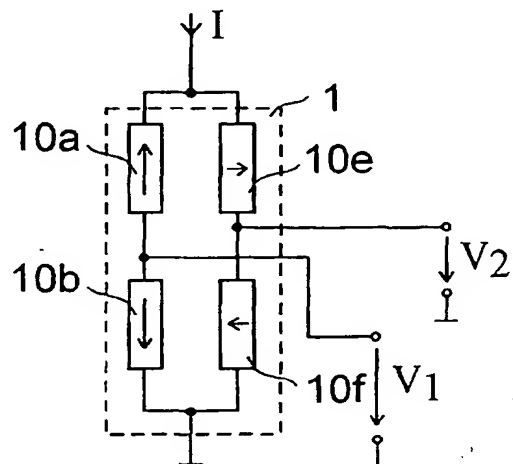


Fig. 3b

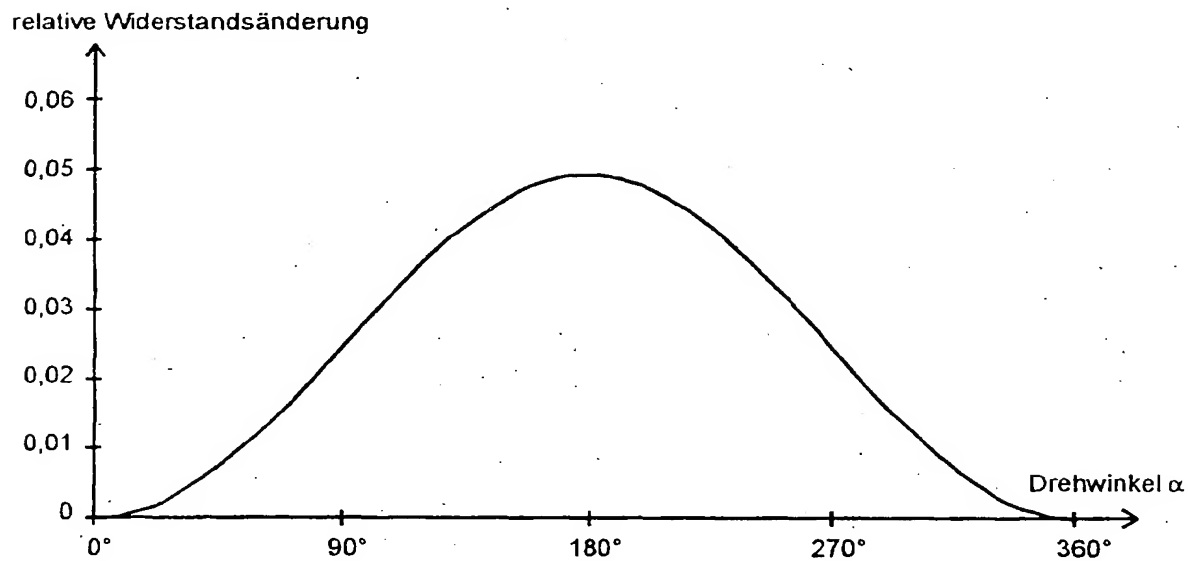


Fig. 4a

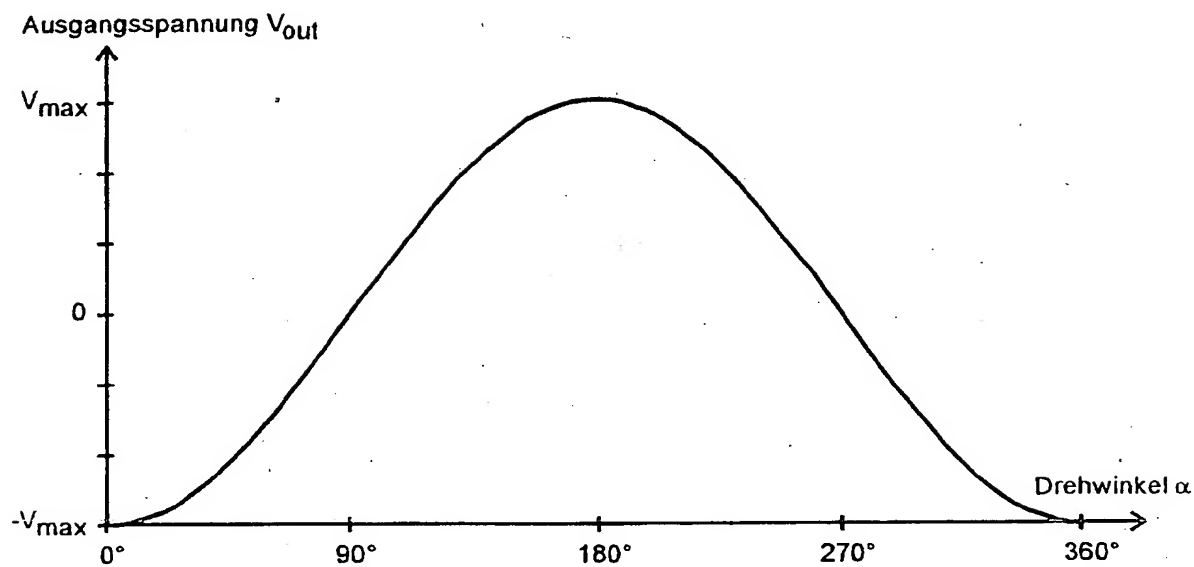


Fig. 4b

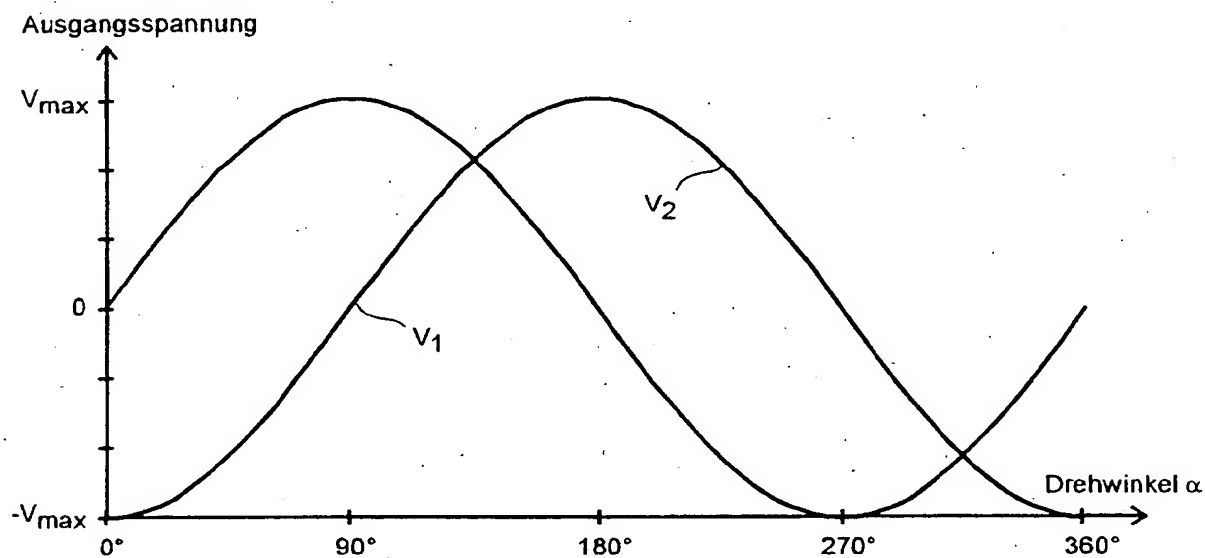


Fig. 4c

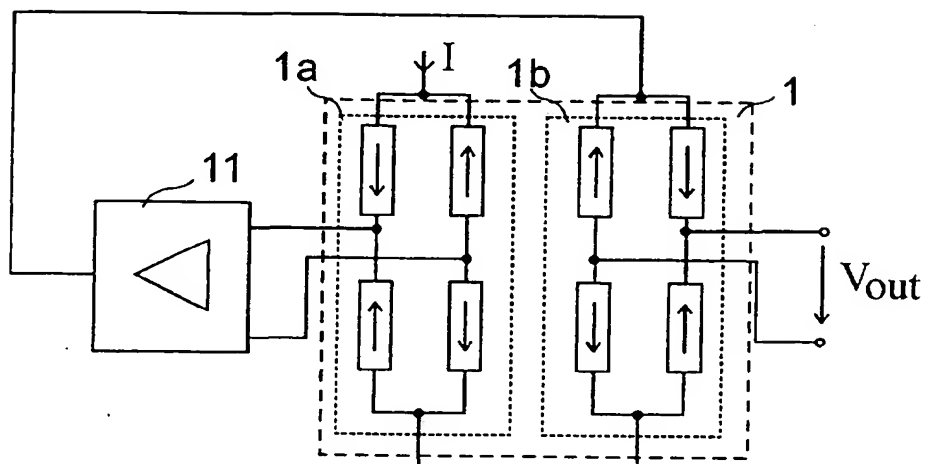


Fig. 5a

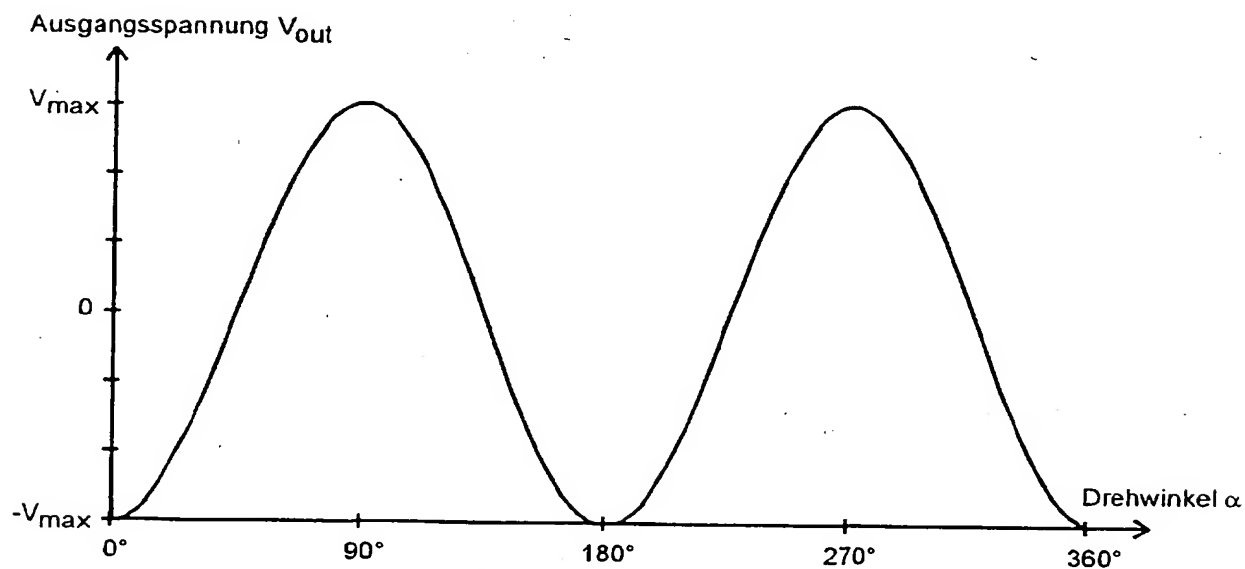


Fig. 5b

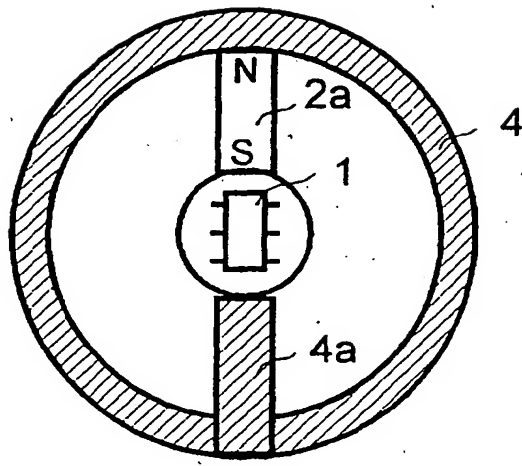


Fig. 6a

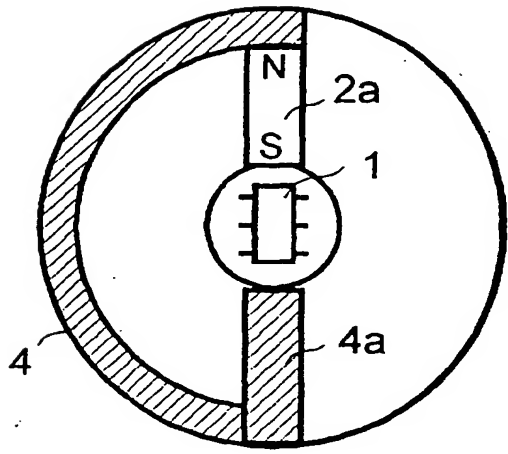


Fig. 6b

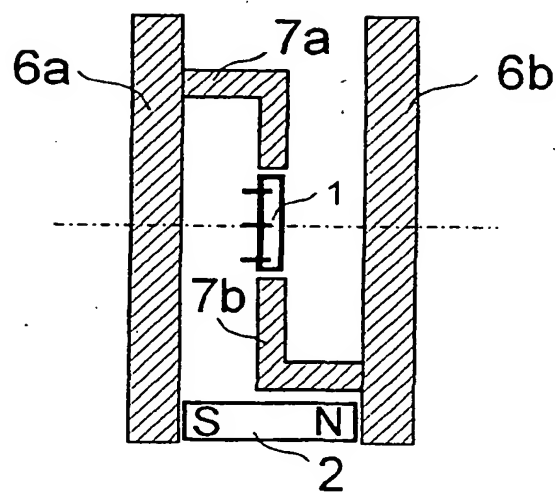
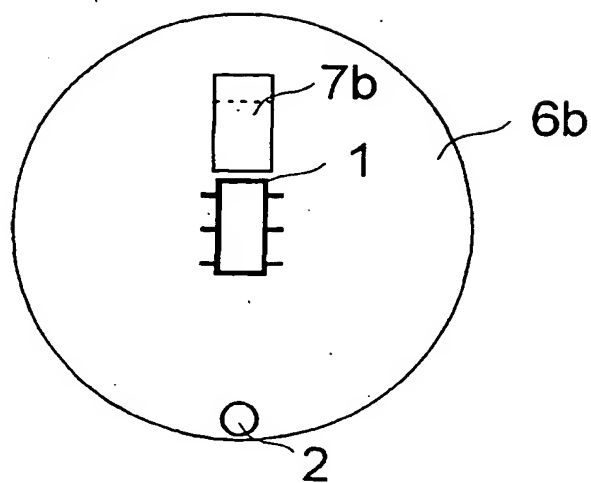


Fig. 7